

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

თამარ მიქავა

კოლხეთის არტეზიული აუზის ცენტრალური ნაწილის თერმული წყლების
ჰიდროქიმიური მახასიათებლების კვლევა თბოენერგეტიკული
პოტენციალის შეფასების მიზნით

სადოქტორო პროგრამა გეოლოგია

შიფრი 0532.1.3

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2023 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში
სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტი
გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფესორი მ. მარდაშოვა

რეცენზენტები: *ასოცირებული პროფესორი ნ. ზაუტაშვილი*

გმმკ ზ. ვარაზაშვილი

დაცვა შედგება **2023** წლის **18 ივლისს, 14:00** საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური
ფაკულტეტის სადისერტაციო ნაშრომის დაცვის კოლეგიის სხდომაზე,
კორპუსი **III, პროფ. ნ. თევზაძის სახელობის აუდიტორიაში N239**
მისამართი: 0160, თბილისი, კოსტავას №77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა – ფაკულტეტის ვებგვერდზე

ფაკულტეტის სწავლული მდივანი ,
ასოცირებული პროფესორი

დ. თევზაძე

შესავალი

მიწისქვეშა წყალი არის მნიშვნელოვანი გლობალური რესურსი და დღესდღეობით მისი გამოყენება დიდ გამოწვევებს უპირისპირდება.

ტექნიკური პირობები, რომლებსაც უყენებენ გეოთერმულ რესურსს გამოყენების სფეროს მიხედვით, შეიძლება იყოს სხვადასხვა. თავის მხრივ, გეოთერმული ენერჯის ეფექტური გამოყენების არეალი და მასშტაბი ამა თუ იმ რეგიონში დამოკიდებულია მის ენერგეტიკულ პოტენციალზე, დაძიებულ მარაგსა და დებიტზე, ასევე ქიმიურ შედგენილობაზე, მინერალიზაციაზე, ჭაბურღილების ჰიდრავლიკურ და ტემპერატურულ რეჟიმებზე.

ზემოაღნიშნული ფაქტორების გათვალისწინება თერმული წყლის რაციონალური გამოყენების საწყის სტადიაზე საშუალებას იძლევა, რომ გამოვლინდეს გეოთერმული თბოსიცივით მომარაგების სისტემის მიზანშეწონილობა. ამასთან, გეოთერმული ენერჯის გამოყენების თბოსიცივით მომარაგების კონკრეტული სისტემები სამრეწველო, სასოფლო-სამეურნეო, კომუნალური და სხვა ობიექტებისათვის უნდა შემუშავდეს ამ ენერჯის მოხმარების სპეციფიკიდან გამომდინარე.

ნაშრომის აქტუალობა. კოლხეთის რეგიონი ბუნებრივი რესურსების სიუხვით და მრავალფეროვნებით, მეტად მნიშვნელოვანია. მის წიაღში არსებულ ბუნებრივ რესურსებს შორის მკვეთრად გამოირჩევა სხვადასხვა გენეზისის, ქიმიური და გაზური შედგენილობის მიწისქვეშა წყლები, რომელთა ვერტიკალური და ლატერალური გავრცელების დადგენა უდავოდ აქტუალურია მათი რაციონალური, გეგმაზომიერი მოპოვება-ათვისების თვალსაზრისით. ცალკე საკითხია კოლხეთის დეპრესიის ცარცულ ნალექებში მაღალტემპერატურული, ზოგჯერ გადახურებული ($T > 100^{\circ}C$) წყლების არსებობა, რაც სასათბურე მეურნეობასა და თბოენერგეტიკაში მათი გამოყენების ფართო პერსპექტივას ქმნის, რომ არაფერი ვთქვათ წყალტუბოს, ქვალონის რადიაქტიურ თერმებზე, როგორც სამკურნალო პროფილით გამოსაყენებელ პერსპექტიულ ნედლეულზე. მსოფლიოში დღემდე არსებული გეოთერმული ენერჯის გამოყენების სისტემები ძირითადად ეფუძნება თბომომარაგების ტრადიციულ მეთოდებს, გეოთერმული თბოგადამტანის სპეციფიკისა და სრული თერმოდინამიკური

ანალიზის გაუთვალისწინებლად. მიზანშეწონილია ჩამოყალიბდეს თბოსიცივით მომარაგების მაღალეფექტური ახალი კომპლექსური სისტემები მეურნეობის სხვადასხვა დარგისთვის გეოთერმული ენერჯის ბაზაზე. ამისთვის აუცილებელია გეოთერმული წყაროების კლასიფიკაცია ტემპერატურის, დებიტის, ქიმიური შედგენილობის და გამოყენების ხასიათის მიხედვით.

თერმული მიწისქვეშა წყლების რესურსები გეოგრაფიულად ძირითადად თავმოყრილია დასავლეთ საქართველოში, თუმცა ამ მხრივ არც აღმოსავლეთ საქართველო არის გამონაკლისი. დასაინანია, რომ საქართველოს თითქმის არც ერთ რეგიონში თბილისის გამოკლებით თერმული წყლების მიზანდასახული გამოყენება არ ხდება და მათ მოსახლეობა სტიქიურად, ყოველგვარი რეკომენდაციების გარეშე მოიხმარს. ჩვენი კვლევის ერთ-ერთი მიზანი პრობლემის ფართო პოპულარიზაციაში მდგომარეობს, რაც იმით უნდა გამოიხატოს, რომ სათანადო ორგანოებმა, კერძო ინვესტორებმა (მათ შორის, უცხოელებმაც) ჯეროვანი ყურადღება მიაქციონ ბუნების ამ საგანძურს, რათა თერმული წყლების გამოყენებას ფართო მასშტაბი და შესაძლებლობა მიეცეს.

ქართველი გეოლოგების ხანგრძლივი კვლევებით დადგენილია, რომ ჩვენს ქვეყანაში თერმული წყლების დიდი მარაგი დაკავშირებულია ადრე ცარცული ასაკის მძლავრ კარბონატულ წყებასთან. ჭაბურღილებით გახსნილი თერმული წყლები საქართველოს თითქმის ყველა კუთხეში გვხვდება, თუმცა ამ მხრივ განსაკუთრებით მდიდარია სამეგრელოს და აფხაზეთის რეგიონები. მათი ტემპერატურა ხშირად 100°C-ს აჭარბებს. აღსანიშნავია ქვალონის, სენაკის, საბადოები, სადაც ჭაბურღილებიდან წყლისა და ორთქლის მძლავრი შადრევანი იფრქვევა და ეს ძვირფასი წიაღისეული ფუჭად იღვრება, პრაქტიკულად ყოველგვარი გამოყენების გარეშე.

მეორე მხრივ, რეალურია იმის შესაძლებლობა, რომ გეოგრაფიულად ხელსაყრელ გარემოში არსებული ჭაბურღილები სათანადოდ აღიჭურვოს და მოპოვებული თერმული წყალი გამოყენებულ იქნას თბური ენერჯის ელექტროენერჯიაში გარდასაქმნელად. ამ მეთოდს მსოფლიოს 20-ზე მეტი ქვეყანა იყენებს. მათგან აღსანიშნავია ისლანდია, აშშ, კანადა, ახალი ზელანდია, ავსტრალია, იტალია, გერმანია, საფრანგეთი, თურქეთი, ფილიპინები, რუსეთი, ჩინეთი, იაპონია და სხვ. ნიშანდობლივია, რომ დღესდღეობით გეოთერმული ელექტროსადგურები მსოფლიოს

ელექტროენერჯის 1%-ზე მეტს გამოიმუშავებს, რაც მათი ფართოდ გამოყენების პერსპექტივას განაპირობებს. ამ მხრივ წამყვანი პოზიცია, რა თქმა უნდა, ისლანდიას ეკუთვნის, რომელიც განსაკუთრებით მდიდარია მიწისქვეშა თერმული წყლების მარაგით. ამ ქვეყანაში ელექტროენერჯის 26.2% თერმულ წყლებზე მომუშავე გეოთერმული სადგურების ხარჯზე მიიღება, ამასთანავე ისლანდიაში, სახლების 90%-ის გასათბობად თერმულ გათბობას იყენებენ.

კვლევის მიზანი და ამოცანები. კვლევის მიზანს წარმოადგენს კოლხეთის არტეზიული აუზის ცენტრალური ნაწილის თერმული მიწისქვეშა წყლების რესურსების შესწავლა; თერმული მაღალტემპერატურული წყლების მოპოვებისთვის ახალი პერსპექტიული უბნების გამოვლენა; მათი ტემპერატურის, დებიტის და ქიმიური შედგენლობის განსაზღვრა ამ რესურსების სამრეწველო გამოყენებისათვის; დასახული ამოცანების გადასაჭრელად ჩატარებული სამუშაოები ეტაპობრივად შემდეგ სტადიებად დაიყო:

- თერმული წყლების თბოენერგეტიკაში, სოფლის მეურნეობასა და მედიცინაში გამოყენების შესახებ არსებული ლიტერატურული და საფონდო მასალების გაცნობა, სისტემატიზაცია, ანალიზი და განზოგადება;
- კოლხეთის არტეზიული აუზის ცენტრალური ნაწილის ტერიტორიაზე არსებული ჭაბურღილების ტექნიკური მდგომარეობის, ლითოლოგიური სვეტების, წყალშემცველი და წყალგაუმტარი ქანების სივრცული განაწილების შესწავლა;
- ჰიდროგეოლოგიური რეჟიმული დაკვირვებების ჩატარება თერმული წყლების ჭაბურღილებზე:
 - ჰიდროდინამიკური პარამეტრების (დაწნევა, დებიტი, ტემპერატურა) გაზომვა;
 - წყლის სინჯების ქიმიური ანალიზი, მათ შორის სასარგებლო კომპონენტების განსაზღვრა;
- თერმული წყლების ტემპერატურის განსაზღვრა ქიმიური შედგენილობის (გეოთერმომეტრების) მეშვეობით;

- გეოთერმული გრადიენტისა და გეოთერმული საფეხურის დადგენა ნეოკომ-აპტური სტრატოგრაფიული დიაპაზონისთვის;
- მაღალტემპერატურული პერსპექტიული უბნების გამოვლენა;

სამეცნიერო სიახლე:

- გამოთვლილია გეოთერმული გრადიენტები კოლხეთის დაბლობის ტერიტორიაზე გავრცელებული პლიოცენ-ნეოკომის სტრატოგრაფიული ინტერვალისთვის; როგორც ირკვევა, მოცემული სიდიდეების ანალიზის მიხედვით შესწავლილი ტერიტორიის ნაწილში თერმოგრადიენტის მნიშვნელობები ცვალებადობს 2.45 -დან 3.72 $^{\circ}\text{C}/100$ მ-ის ფარგლებში.
- ცალკეული არტეზიული აუზისთვის გამოთვლილია თერმოგრადიენტების საშუალო მნიშვნელობები და დაზუსტებულია ტერიტორიის ტემპერატურის ცვლილების გეოთერმული რუკა-2000 მ ნიშნულზე. მასზე მკვეთრად გამოხატული ზუგდიდი-ცაიშის ტემპერატურული ანომალია 80°C -ზე მეტი ტემპერატურით. მსგავსი მოვლენა აღინიშნება ნაქალაქევის და ქვალონის ანტიკლინური ნაოჭების ფარგლებში. ამავე დროს, სამეგრელოს დეპრესიის ცენტრში და სხვა სინკლინურ გაღუნვებში, ტემპერატურა 60°C -მდე მცირდება.
- საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში საანგარიშო-ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრები განისაზღვრა როგორც გრაფიკულ-ანალიზური, ისე მოსინჯვის მეთოდით; მიღებულია პიეზოგამტარობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა; დონეგამტარობის კოეფიციენტი- $a = 557000$ მ²/დღ.ღ; წყალგამტარებლობა- $T = 406,1$ მ²/დღ.ღ; წყალგაცემის კოეფიციენტი- $\mu_{dr} = 0,00073$;
- თერმული სამრეწველო გამოყენების მიზნით შესრულებულია მიკროკომპონენტური ანალიზები. შესწავლილ სინჯებს შორის საერთო მინერალიზაციის მაღალი მნიშვნელობებით გამოირჩევა ქვალონის ტერიტორიაზე მდებარე თერმული ჭაბურღილიდან მიღებული წყალი. საერთო მინერალიზაციის შესაბამისად, მიკროელემენტები გამოირჩევა მომატებული შემცველობით.
- საქართველოს გეოლოგიური სამმართველოს და „საქნავთობის“ მიერ გაბურღული ჭაბურღილების მონაცემების გამოყენებით კოლხეთის დაბლობის

ტერიტორიაზე პირველად განისაზღვრა სიღრმეში ტემპერატურის ცვლილების განზოგადებული სიდიდეები;

- წყლის ქიმიური მახასიათებლების გამოყენება ტემპერატურის განსასაზღვრად ახალი მეთოდია საქართველოს ჰიდროთერმული სისტემის ფორმირების გამოსაკვლევად. Na-K-Ca გეოთერმომეტრით მიღებული თერმული წყლის ტემპერატურა ცვალებადობს 136,5-დან 198,9 °C-მდე საშუალოდ 157,2 °C-ია. ადგილობრივი თერმული გრადიენტის გათვალისწინებით შესწავლილი ტერიტორიის გეოთერმული რეზერვუარი, როგორც ჩანს, დაახლოებით 2,3 კმ სიღრმეზეა;
- განზოგადებული და გასაშუალოებული მონაცემებით ზოგიერთი უბნისთვის აიგო აპტ-ნეოკომური თერმული წყალშემცველი კომპლექსის ჰიდრო-გეოთერმული ზონურობის სქემა, სადაც თითოეული ჰიდროგეოთერმული ზონის ტემპერატურა ფაქტობრივად უნდა შეესაბამებოდეს ზედაპირზე ამოსული თერმული წყლების ტემპერატურას.

ამ მონაცემების საფუძველზე პირველად არის ყოველმხრივ დახასიათებული გეოთერმომეტრის სპეციფიკური საკითხები, რაც ნაშრომის მეცნიერულ სიახლედ უნდა ჩაითვალოს.

კვლევის მეთოდები. ნაშრომის მიზნების და ამოცანების შესასრულებლად გამოყენებულ იქნა კვლევის მეთოდოლოგია, რომელიც გულისხმობს კამერულ, საველე და ლაბორატორიული სამუშაოებს, კერძოდ:

- საკვლევი ტერიტორიის შესახებ არსებული გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური ინფორმაციის მოძიებას, გეოთერმული წყლების თბოენერგეტიკული პოტენციალის სოფლის მეურნეობასა და მედიცინაში გამოყენების ამსახველი ფონდური და საავტორო მასალების შეკრებას;
- საველე, დასინჯვითი სამუშაოების ჩატარებას;
- საკვლევი ტერიტორიის მიწისქვეშა წყლების ჰიდროქიმიური მახასიათებლების დადგენას;
- საანგარიშო-ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრები განისაზღვრა როგორც გრაფიკული, ისე მოსინჯვის მეთოდებით.

გეოენერგეტიკული სისტემების პროექტების მომგებიანობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: შესწავლის და პოტენციალის ხარისხზე, კაპიტალურ და საექსპლუატაციო ხარჯების გაანგარიშებაზე, შესაძლო ტექნოლოგიურ პრობლემებსა და მათი გადაჭრის გზებზე, ამიტომ გეოენერგეტიკული სისტემების დაპროექტება, მშენებლობა და ექსპლუატაცია არის ინტერაქტიული პროცესი, რომელშიც ინფორმაციის ხელმისაწვდომობისთანავე შეიძლება შეიცვალოს სამუშაო პირობები, ენერჯის ღირებულება და წარმოიშვას სამეცნიერო-ტექნიკური პრობლემები. ამ პროცესში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს გეოთერმულ ფლუიდში ქიმიური ნაერთების არსებობა, რომლებიც მაღალ ტემპერატურასა და წნევაზე გამოიტუტება გეოთერმული საბადოს ქანებიდან და ზედაპირზე გამოიტანება ორთქლისწყლის ნარევის შემადგენლობაში.

ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა და შედეგების გამოყენების სფერო. დისერტაციის პრაქტიკული ღირებულება თემის აქტუალობიდან გამომდინარეობს. საკითხი ეხება კოლხეთის რეგიონის ბუნებრივი სიმდიდრის და, პირველ რიგში, თერმული მიწისქვეშა წყლების პრაქტიკულ გამოყენებას. გამოყენების სფერო კი, უდავოდ, ფართოა, რადგანაც აღნიშნული მიწისქვეშა წყლები სხვადასხვა ლითოლოგიის ქანებთან არის დაკავშირებული და, შესაბამისად, განსხვავებული ქიმიური შედგენილობით, მაღალი ტემპერატურით და დებიტით ხასიათდება.

ვინაიდან ჩვენს რაიონში არსებული გეოთერმული წყლების 82% დაბალმინერალიზებული და არააგრესიულია, ხოლო ტემპერატურული პოტენციალი ცვალებადობს 60-95°C-ის ფარგლებში, მიზანშეწონილია ამ ტიპის წყლების სრული გამოყენება და მეურნეობის იმ დარგების შერჩევა, სადაც ეს სისტემები კონკურენტუნარიანი იქნება ტრადიციულ სისტემებთან შედარებით.

დისერტაციის სტრუქტურა და მოცულობა

დისერტაცია შედგება შესავლის, ხუთი თავის, დასკვნებისა და გამოყენებული ლიტერატურის სიისგან, რომელიც მოიცავს 106 დასახელების ნაშრომს ქართულ, რუსულ და ინგლისურ ენებზე. მისი საერთო მოცულობა შეადგენს 140 ნაბეჭდ გვერდს, ახლავს 18 ცხრილი, 14 ნახაზი, 8 სურათი და 8 გრაფიკი.

ნაშრომის მოკლე შინაარსი

თავი I. ნაშრომის პირველ თავში მოცემულია რაიონის გეოლოგიური, გეოფიზიკური და ჰიდროგეოლოგიური შესწავლის მოკლე ისტორია.

დასავლეთ საქართველოს თერმული წყლების რესურსების მეცნიერულად შესწავლა და რაციონალურად ათვისება თანამედროვე პირობებში ჩვენი ქვეყნის ეკონომიკის აქტუალური და მნიშვნელოვანი ამოცანაა, რასაც არაერთი სამეცნიერო ნაშრომი მიეძღვნა. მრავალფეროვანი და მრავალრიცხოვანი მონაცემები მოიპოვება, ზოგადად, საქართველოს ტერიტორიაზე და, კერძოდ, კოლხეთის დაბლობის ფარგლებში გავრცელებულ თერმულ მიწისქვეშა წყლებზე. ბუნებრივი გამოსავლების გარდა, სხვადასხვა უბანზე (სოფ. სოფ.ხორგა, მენჯი, ცაიში, ქვალონი და სხვ.), ჭაბურღილების საშუალებით, გამოვლენილია თერმული წყლების წყალშემცველი ჰორიზონტები და ცალკეული საბადოს ფარგლებში შეფასებულია მათი საექსპლუატაციო მარაგები (Буачидзе И., 1956; Бакраძე, 1961; ავალიანი, 2012). თერმული წყლების საექსპლუატაციო მარაგების მონაცემები მოცემულია ბ. ზაუტაშვილის და ბ. მხეიძის მიერ შედგენილ „საქართველოს ჰიდროგეოლოგიის“ სახელმძღვანელოში (ზაუტაშვილი, 2011).

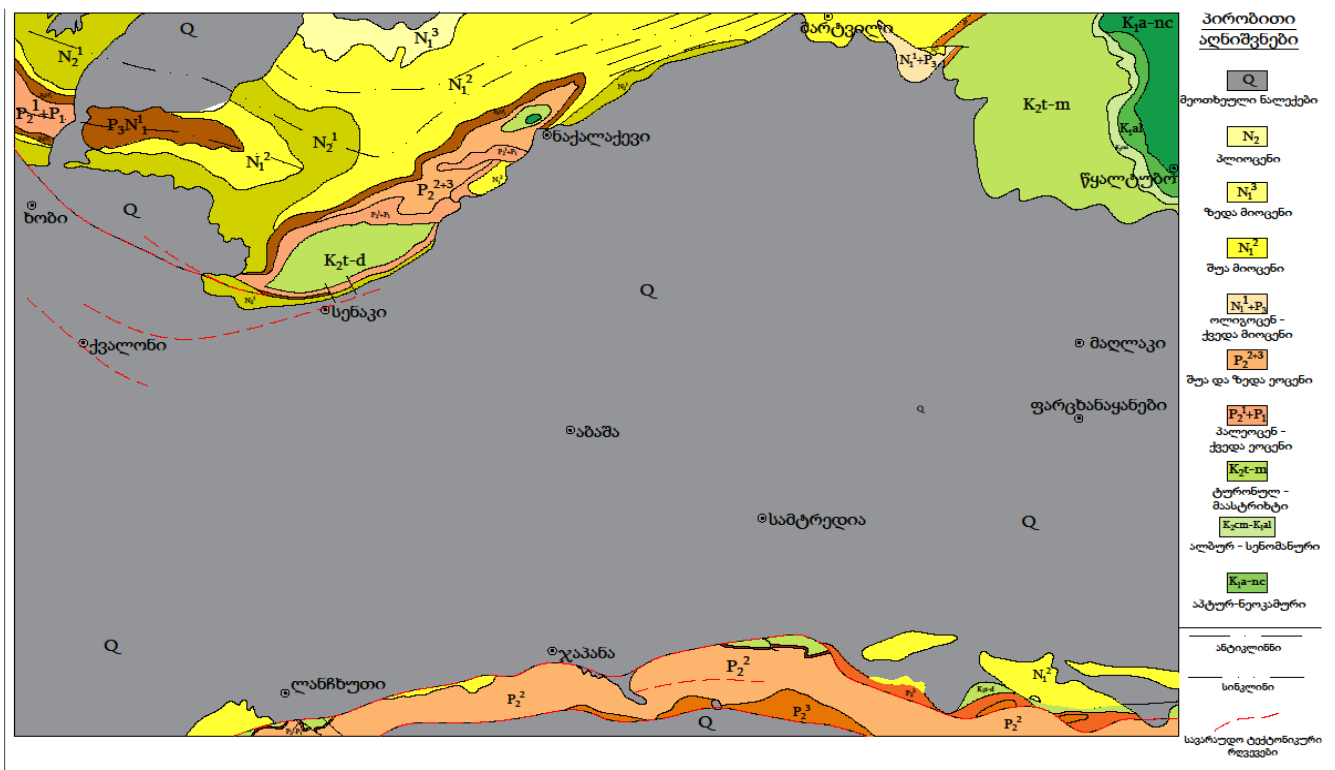
ცნობები საქართველოში თერმული წყლების ზედაპირული გამოსავლების არსებობის შესახებ უხსოვარი დროიდან მოიპოვება. უახლესი მონაცემები კოლხეთის დაბლობის ჰიდროგეოქიმიური, ჰიდროგეოდინამიკური, ჰიდროფიზიკური და გეოფილტრაციული ზონურობის შესახებ ასახულია ხ. ავალიანის დისერტაციაში (ავალიანი, 2012). მასში ახლებურად არის გაშუქებული ჰიდროგეოლოგიის, ლითოლოგიური თავისებურებების საკითხები.

თავი II. დისერტაციის მეორე თავი ეძღვნება რაიონის ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების და გეოლოგიური აგებულების საკითხებს.

II.1. დახასიათებულია რაიონის ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობები. საკვლევი ტერიტორია მოიცავს კოლხეთის დაბლობის ცენტრალურ ნაწილს, რომელიც ძირითადად ალუვიურ-აკუმულაციური ვაკით არის წარმოდგენილი და მდ. რიონის

ქვედა დინების გასწვრივ, აღმოსავლეთით, დაახლოებით 70 კმ-ზე ვრცელდება. ვაკის ზედაპირი დახრილია დასავლეთით, ხოლო მის კიდურა ნაწილებში განლაგებულია ძლიერ დანაწევრებული ბორცვიანი მთისწინეთი.

II.2. მოკლედ განხილულია რაიონის გეოლოგიური აგებულება. ზედაპირული გეოლოგიური დაკვირვებების, ბურღვისა და გეოფიზიკური მონაცემების მიხედვით, კოლხეთის დაბლობის დანალექი საფრის გეოლოგიურ აგებულებაში მონაწილეობს იურული, ცარცული, პალეოგენური, ნეოგენური და მეოთხეული ასაკის ნალექები (ნახ. 1); თითოეული სტრატონი ნაშრომში დახასიათებულია დეტალურად



ნახ. 1. საკვლევე ტერიტორიის გეოლოგიური რუკა (ავტორები: ს. ჩერნოვი; ნ. ედიაშვილი)

II.2.2. ნაწილში განხილულია რაიონის ტექტონიკა. ისევე როგორც სასარგებლო წიაღისეულის ძებნისას, ამა თუ იმ რაიონის შესწავლაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სიღრმული გეოლოგიური აგებულების გარკვევას: კრისტალური ფუნდამენტის ზედაპირებს, სიღრმული რღვევების არსებობას და მათ, როგორც სითბოს გამტარი

არხების ორიენტაციას, ტექტონიკური ზონების გამოვლენას, რომლებსაც შეიძლება უკავშირდებოდეს თერმონომალიები. საკვლევი ტერიტორია მდებარეობს კოლხეთის დაბლობზე, რომელიც ტექტონიკურად თანამედროვე მთათაშორის როფს წარმოადგენს, ხოლო მისი დანალექი საფარი ამიერკავკასიის ჰერცინული შუალედური მასივის (საქართველოს ბელტის) ზედნადებია.

ამ ტერიტორიამ, ევოლუციის თვალსაზრისით, გეოლოგიური განვითარების რთული გზა გაიარა, სადაც ინტენსიური დაძირვები ხანგრძლივი აზევებისა და გადარეცხვის ეპოქებით იცვლებოდა. ყოველივე ამან გამოიწვია რთული სტრუქტურის ფორმირება, რომლის გათვალისწინების გარეშე ძნელი იქნება ჭაბურღილების ოპტიმალური განლაგების შერჩევა, ხოლო საძიებო სამუშაოები შეიძლება ნაკლებად ეფექტური აღმოჩნდეს. აღსანიშნავია, აგრეთვე, რიგი ფიზიკური მოვლენები, რომელთა გარეშე ძეზნით-საძიებო სამუშაოების მეთოდის თეორიულად და პრაქტიკულად შერჩევა გამწელებული იქნებოდა.

ამ მხრივ მნიშვნელოვანია ტექტონიკისა და გეოთერმული ზონურობის კავშირი. როგორც ვარაუდობენ, სითბური ნაკადები ყალიბდება ზედა მანტიამში. ამ უკანასკნელის ზედაპირი დიფერენცირებულია. სითბური ნაკადების გაზომვის მონაცემების მიხედვით ასეთი სურათი იკვეთება, ანუ მოჰოროვიჩის ზედაპირის დიდი კავკასიონის ნაოჭა ნაგებობების და აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის ქვეშ დაძირვის პირობებში სითბური ნაკადის სიდიდე 1.8×10^{-6} კალ/სმ²წმ-მდე იზრდება, მაშინ როცა საქართველოს ბელტზე – 0.8×10^{-6} კალ/სმ²წმ-ია (Буачидзе Г., 1980). ამგვარად, აზევებულ ზონებში დანალექი საფარი უფრო კარგადაა გამთბარი, ვიდრე როფებში (გაღუნებში). ამას ადასტურებს გეოთერმული გრადიენტების სხვაობა როფის (გაღუნვის) ზონაში და მიმდებარე ნაოჭა სისტემებში (ჰიფსომეტრიულად უფრო მაღალ ნაოჭა სისტემებში და შედარებით დაბალი როფის ფარგლებში).

II.2.3. ამ ქვეთავში დახასიათებულია კოლხეთის დაბლობის ცენტრალური ნაწილის ჰიდროგეოლოგიური პირობები, რაც საკმაოდ რთული და მრავალფეროვანია. საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში გამოიყოფა სამეგრელოს, ცენტრალური კოლხეთის, ქვემო რიონის და წყალტუბოს არტეზიული აუზები, რომლებიც დასავლეთ-საქართველოს მთათაშუა როფის სისტემაში შედიან (Буачидзе И., 1970; Буачидзе Г. 1980; Лихолатников,

1983; Лазарашვილი, 1984; ხარატიშვილი, 2007). აღნიშნული აუზების ჩრდილოეთ საზღვარს დიდი კავკასიონის სამხრეთი ფერდობი წარმოადგენს. დასავლეთით ისინი ესაზღვრებიან კოდორის, ხოლო აღმოსავლეთით – არგვეთის არტეზიულ აუზებს. სამხრეთით და სამხრეთ-აღმოსავლეთით მდებარეობს გურიის არტეზიული აუზი (Буачидзе Г., 1980; Лихолатников В., 1980). აღწერილი აუზების გეოლოგიურ აგებულებაში კაინოზოური და მეზოზოური ნალექები მონაწილეობს (ნახ. 2). ამ მიწისქვეშა წყლების კვების რაიონები (ქანების ზედაპირული გამოსავლები) დიდი კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე მდებარეობს.

მიწისქვეშა წყლების განტვირთვა ხდება ტექტონიკური რღვევების გასწვრივ ან ზემოთ განლაგებულ შეღწევად ჰორიზონტებში, წყალგაუმტარი ქანების გამოსოფლის ადგილებში, აგრეთვე სამეგრელოს აუზის შემომსაზღვრელი ანტიკლინური სტრუქტურების გაშიშვლებულ თალურ ნაწილებთან დაკავშირებული წყაროებით.

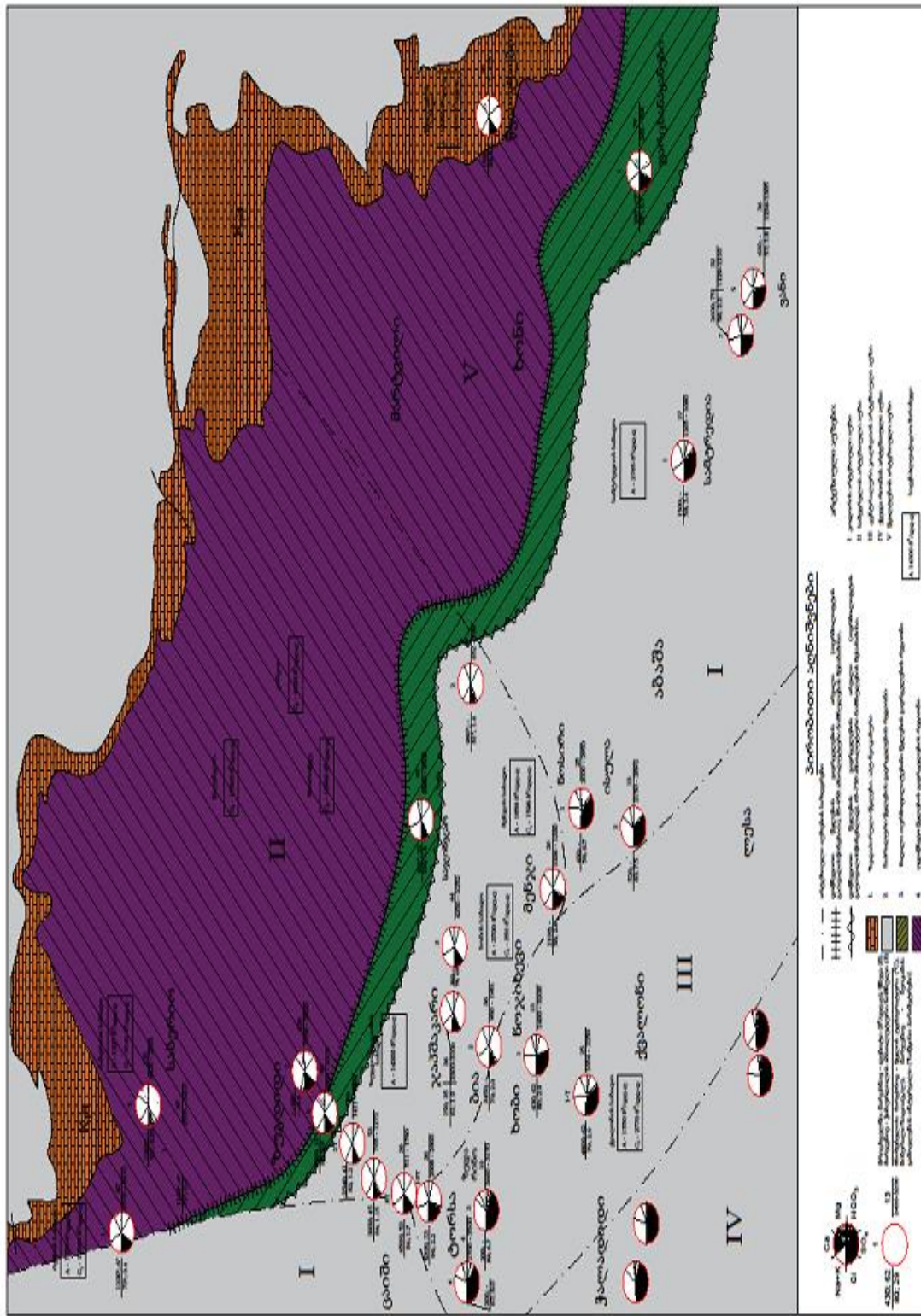
აუზების დანალექი საფრის ჭრილში გამოიყოფა მეოთხეული, შუა და ზედამიოცენური, ეოცენურ-პალეოცენური, ზედაცარცული, აპტ-ნეოკომური ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტები და კომპლექსები და ზედა ეოცენის, მაიკოპის, ალბ-სენომანის, კიმერიჯ-ტიტონის წყალგაუმტარი ჰორიზონტები და კომპლექსები. დისერტაციის აღნიშნულ ნაწილში თითოეული წყალშემცველი კომპლექსები დახასიათებულია დეტალურად.

II.2.4 ნაშრომის ამ ნაწილში დახასიათებულია რაიონის გეოთერმული პირობები. დასავლეთ საქართველოს გეოთერმული პირობები კოლხეთის დაბლობის ფარგლებში დეტალურად აქვთ შესწავლილი მ. შაორშაძეს (Шаоршадзе, 1970), ტ. ეგაძეს (Эгадзе, 1973), ი. ბუაჩიძეს (Буачидзе И., 1980), მათი მონაცემებით რაიონის აგებულებაში მონაწილე სხვადასხვა ქანისთვის თბოგამტარობის კოეფიციენტის საშუალო მაჩვენებლები შემდეგია. (იხ. 1 ცხრილი)

როგორც ცხრილის მიხედვით ჩანს, ყველაზე მაღალი თბოგამტარობით გამოირჩევა კირქვები, ყველაზე დაბალით – თიხები. ფაქტობრივად, თიხები, ჭრილში თბოიზოლატორის როლს ასრულებს. შესაბამისად, რაც მეტია თიხოვანი ნალექების სიმძლავრე, მით მეტია გეოთერმული გრადიენტის საშუალო მნიშვნელობა ჭრილში.

ჰიდროგეოლოგიური რუკა

მასშტაბი 1:100 000



ნახ. II.8. კალხეთის დაბლობის ჰიდროგეოლოგიური რუკა

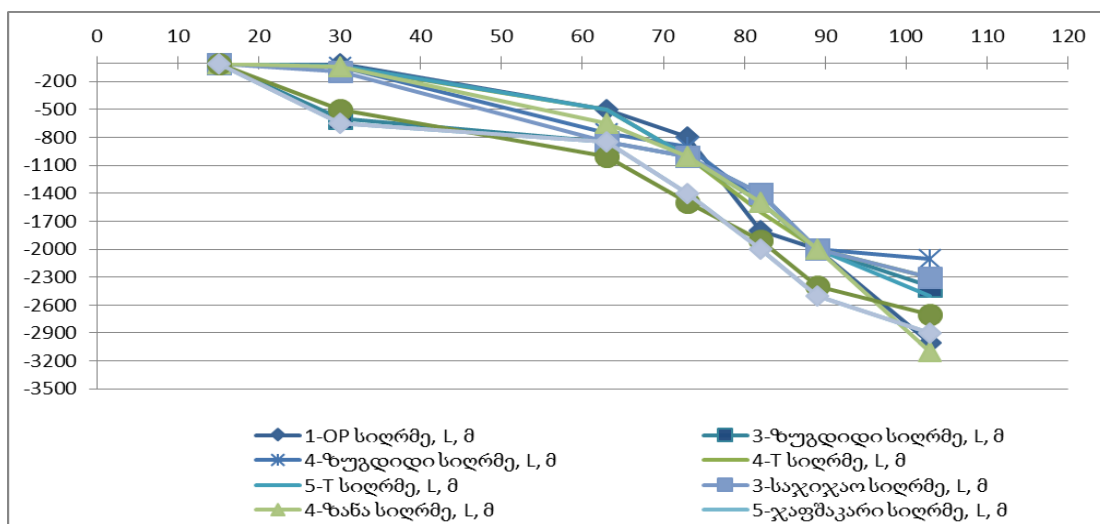
(ავტორი: ვ. ლიხოლატნიკოვი)

ქანების თბოგამტარობის კოეფიციენტი

ქანის დასახელება	თბოგამტარობის კოეფიციენტი, $\frac{\text{kal}}{\text{smwm}^{\circ}\text{C} \times 10^{-3}}$	
	მ. შაორშადის მიხედვით	ი. ბუაჩიძის მიხედვით
კირქვები	4,66 ± 0,21	(4,38-4,71) ± (0,28-0,54)
მერგელები	3,36 ± 0,67	(2,93-3,63) ± (0,49-0,82)
თიხები	2,62 ± 0,35	3,09 ± 0,27
ქვიშაქვები	3,25 ± 0,29	3,81 ± 0,79

ამ სიდიდის შემცირება აღინიშნება დიდი კავკასიონის ფერდობების სიახლოვეს, სადაც ნეოგენის სიმძლავრე მცირეა. ცარცული ნალექების დაძირვის და ქვიშიან-თიხოვანი ნალექების სიმძლავრის მატებისას გეოთერმული გრადიენტის მნიშვნელობა იზრდება. მთლიანად, დასავლეთ საქართველოსთვის, თერმოგრადიენტის საშუალო მნიშვნელობა შეადგენს 2,8°C/100 მ (Шаоршадзе, 1970).

ზემოთ ნახსენები არტეზიული აუზების ფარგლებში აღინიშნება ხსენებული გეოთერმული წყებების სიმძლავრეების მკვეთრი მერყეობა მათი ამგებელი ქანების გადარეცხვის ან ფაციესური ცვლილების ხარჯზე. საძიებო ჭაბურღილების თერმოკაროტაჟის მასალების გამოყენებით აგებულ იქნა სიღრმეში ტემპერატურის ცვლილების განზოგადებული გრაფიკები (ნახ. 3).



ნახ. 3. სიღრმის და ტემპერატურის დამოკიდებულება სამეგრელოს არტეზიული აუზის ჭაბურღილებში

ცალკეული არტეზიული აუზისთვის თერმოგრადიენტების საშუალო მნიშვნელობები მოტანილია 2 ცხრილში:

ცხრილი 2

არტეზიული აუზების გეოთერმული გრადიენტების საშუალო მნიშვნელობები

არტეზიული აუზი	გეოთერმული გრადიენტი °C/100 მ
სამეგრელო	2.82
ცენტრალური კოლხეთი	2.72
ქვემო რიონი	2.83
წყალტუბო	2.60

ტერიტორიის სიღრმეში ტემპერატურის ცვლილება ასახულია-2000 მ-ის ნიშნულზე შედგენილი გეოთერმული რუკის მიხედვით, რომელზეც მკვეთრადაა გამოხატული ზუგდიდი – ცაიშის ანომალია 80°C-ზე მეტი ტემპერატურით. მსგავსი მოვლენა აღინიშნება ნაქალაქევისა და ქვალონის ანტიკლინური ნაოჭების ფარგლებში. ამავე დროს, სამეგრელოს დეპრესიის ცენტრში და სხვა სინკლინურ გაღუნვებში, ტემპერატურა 60°C-მდე მცირდება.

III თავში განხილულია აპტ-ნეოკომური თერმული წყალშემცველი კომპლექსის განლაგების პირობები და ჰიდროგეოლოგიური თავისებურებები. სამეგრელოს, ცენტრალური კოლხეთის, ქვემო რიონის და წყალტუბოს არტეზიული აუზები ხასიათდება როგორც მინერალიზაციის და ქიმიური შედგენილობის, აგრეთვე ტემპერატურის მრავალფეროვნებით. წყლის მინერალიზაცია, სიღრმესთან ერთად, როგორც წესი, იზრდება. ჰიდროკარბონატული და სულფატური წყლები სიღრმეში ქლორიდულით იცვლება (ᄒაძე, 1973; ავალიანი, 2012).

ვერტიკალური ჰიდროქიმიური ზონურობა ირღვევა ქვედაცარცულ წყალშემცველ კომპლექსში. ზედაცარცულ და პალეოგენ-ნეოგენური ნალექების შედარებით მინერალიზებული წყლების ქვეშ, მნიშვნელოვან სიღრმეზე (3-4 კმ), ქვედაცარცულ ნალექებში გახსნილია მტკნარი და სუსტად მინერალიზებული წყლები. კვების არეში გამოიშვლებული აპტ-ნეოკომის კირქვები და დოლომიტები ინტენსიურად დანაპრალეებული და დაკარსტულია. ამის გარდა, ეს რაიონი წყალუხვი მდინარეების და ნაკადულების ხშირი ქსელით იკვეთება.

კვების არედან აპტ-ნეოკომური ნალექები იძირება სამხრეთისა და სამხრეთ-დასავლეთი მიმართულებით უფრო ახალგაზრდა ნალექების ქვეშ. კოლხეთის როფის ცენტრალურ ნაწილში ისინი 3000-4000 მ სიღრმეს აღწევენ. ამავე მიმართულებით მათი საერთო სიმძლავრე 1000 მ-მდე იზრდება.

აპტ-ნეოკომური თერმული წყლების შემცველ კოპლექსში გამოყოფილია სამი ჰიდროქიმიური ზონა.

პირველი მათგანი შეესაბამება აპტ-ნეოკომური ქანების გამოსავალს კოლხეთის როფის ჩრდილოეთ ბორტზე და მის მიმდებარე სამეგრელოსა და წყალტუბოს არტეზიულ აუზებში. აქ განვითარებულია მიწისქვეშა წყლების ცირკულაციის კარსტული, ნაპრალოვან-კარსტული და ნაპრალოვან-შრებრივი ზონები. კომპლექსის დიდი სიმძლავრე, ნაპრალოვანი ზონების მაღალი წყალშედწევადობა, ატმოსფერული ნალექების (1750 – 2000 მმ/წწ.) და ზედაპირული წყლების ჰიდრავლიკური კავშირი განაპირობებს აპტ-ნეოკომური ქანების მაღალ წყალშემცველობას და წყალგამტარებლობას. აღნიშნულ ზონაში გავრცელებულია ჰიდროკარბონატული, კალციუმ-მაგნიუმისანი შედგენილობის მტკნარი წყლები 1 გ/ლ-მდე მინერალიზაციით. მისგან დასავლეთით და სამხრეთ-დასავლეთით გავრცელებულია მეორე ჰიდროქიმიური ზონა. ამ ზონაში წყლის საერთო მინერალიზაცია იზრდება 2.9 გ/ლ-მდე (მიქავა, 2023); ეს წყლები სულფატურ-ქლორიდული, კალციუმისანი-მაგნიუმისანი შედგენილობისაა. კიდევ უფრო დასავლეთით, მესამე ჰიდროქიმიურ ზონაში, წყლის შედგენილობა ქლორიდულ-ნატრიუმისანით იცვლება, ხოლო მინერალიზაცია 45.8 გ/ლ-მდე იზრდება. აპტ-ნეოკომური წყლის ზედა ფენებში გადადინების გარდა, შეიძლება უკუპროცესსაც ჰქონდეს ადგილი, ე.ი ზედა ჰორიზონტებში არსებული წყალი ქვედაცარცულს შეერიოს და მასთან ერთად გადმოედინოს ჭაბურღილიდან. როგორც ჩანს, მსგავსი პროცესები მიმდინარეობს მრავალ ჭაბურღილში (ნოსირის#1, ისულის #2, ოქროს საწმისის #3 და თორსას #4 ჭაბურღილები), რომლებიდანაც რაიონისთვის არადაამახასიათებელი გაზრდილი მინერალიზაციის (6.7-8.7გ/ლ) აპტ-ნეოკომური წყალია მიღებული. თერმული წყლის მინერალიზაციის ზრდა, როგორც ჩანს, დაბალი მინერალიზაციის აპტურ-ნეოკომურ წყალში მაღალმინერალიზებული წყლის შერევის შედეგად მოხდა.

ჩვენ მიერ 2021 წელს ზუგდიდი-ცაიშის საბადოში ჩატარდა ფართობრივი ჰიდროდინამიკური კვლევები და განისაზღვრა აპტ-ნეოკომური თერმული წყლის შემცველი კომპლექსის ფილტრაციული პარამეტრები.

ამ თავში მოცემულია, აგრეთვე ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრების ანგარიში, მხოლოდ ცაიშის საბადოზე მდებარე ჭაბურღილების (ჭაბურღილი 1T (ცენტრალური) და 2T (სათვალთავლო) მონაცემების მიხედვით. თუმცა, საველე-საცდელი ფილტრაციული კვლევები ჩატარებულია ქვალონის და ჭალადიდის ჭაბურღილებზეც.

საანგარიშო-ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრები განისაზღვრა როგორც გრაფო-ანალიზური მეთოდით, ისე მოსინჯვის მეთოდით.

გრაფო-ანალიზურ მეთოდს ფართოდ იყენებენ ჰიდროგეოლოგიურ კვლევებში. დაკვირვების მონაცემების საფუძველზე აგებულ იქნა დონის პიეზომეტრში ცვალებადობის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი - $S = I_g(t)$.

საველე საცდელ-ფილტრაციული კვლევების შედეგად მიღებული იქნა შემდეგი ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრები: დონეგამტარობის კოეფიციენტი - $a = 557000 \text{ მ}^2/\text{დღ.ღ}$; წყალგამტარებლობა - $T = 406,1 \text{ მ}^2/\text{დღ.ღ}$; წყალგაცემის კოეფიციენტი - $\mu_{gr} = 0,00073$.

დანარჩენ ტერიტორიაზე მსგავსი კვლევები არ ჩატარებულა, მაგრამ თერმული წყლის მაღალი დებიტებიდან გამომდინარე, უნდა ვივარაუდოთ, რომ მათი შემცველი აპტ-ნეოკომური ნალექებს კარგი ფილტრაციულ-მოცულობითი თვისებები გააჩნია.

ზოგი ჭაბურღილის მონაცემების შესწავლის შემდეგ, რომლებშიც განაზომები აღებულია როგორც უმოქმედო ისე მოქმედ მდგომარეობაში, აგებული იქნა მათი გეოთერმული ჭრილების შედარების სქემა. ამ სქემაზე ჩანს, თუ როგორ იკვეთება აპტ-ნეოკომური კომპლექსის საგებში უმოქმედო და მოქმედი ჭაბურღილების გეოთერმული მრუდები. აქედან გამომდინარე, შეიძლება ვივარაუდოთ, აპტ-ნეოკომის კარბონატული კომპლექსის საგები ემთხვევა წყალშემცველი ჰორიზონტების ქვედა საზღვარს, ხოლო თერმული წყლის ფენური ტემპერატურა ფაქტობრივად ამ საგების ტემპერატურის ტოლია. წყლის არსებული დებიტების პირობებში (1000 – 6500 მ³/დღ.ღ) ჭაბურღილების პირზე ტემპერატურა მხოლოდ 1-2⁰C-ით ნაკლებია ფენის ტემპერატურაზე. შესაბამისად გადმოღვრილი (ზედაპირზე ამოსული) წყლის ტემპერატურის დადგენის შემთხვევაში შეიძლება ფენის საორიენტაციო ტემპერატურის განსაზღვრა. თუ „ნეიტრალური

ფენისთვის“ (25 მ) ტემპერატურად 20°C-ს, ხოლო წყლის ფენურ ტემპერატურას აპტ-ნეოკომური კომპლექსის საგების ტემპერატურად მივიჩნევთ, გამოვთვლით მოცემული ჭაბურღილის ჭრილის საერთო გეოთერმულ გრადიენტს (ცხრილი 2) ზოგიერთი ჭაბურღილისთვის ჩვეულებრივი და ზემოთ აღწერილი მეთოდებით გამოთვლილი იყო თერმოგრადიენტები. მიღებული შედეგები ძალიან ახლოსაა ერთმანეთთან, რაც მიუთითებს გეოთერმული გრადიენტების განსაზღვრის მოცემული მეთოდის მართებულობაზე.

აპტ-ნეოკომური კომპლექსის სახურავზე ტემპერატურის განაწილების სქემა მიუთითებს მის კანონზომიერ ზრდაზე კვების არედან ქვედაცარცული ნალექების სახურავის დაძირვის მიმართულებით. ამ კანონზომიერების დარღვევა დაკავშირებულია ანტიკლინური აზევებების ზონასთან (სამხრეთ სამეგრელოს აზევება), სადაც აპტ-ნეოკომური ქანები უახლოვდება მოცემულ ზედაპირს.

გამოიყოფა მომატებული ტემპერატურის სამი ზონა. პირველი 80-90°C-იანი ზონა განლაგებულია სამეგრელოს არტეზიული აუზის ცენტრში, სადაც აპტ-ნეოკომის სახურავი 2000-3000 მ სიღრმეზე მდებარეობს. მეორე ზონა, 100°C-ზე მეტი ტემპერატურით, მდებარეობს ცენტრალური კოლხეთის აუზის სამხეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში. აქ თერმული წყლის შემცველი კომპლექსის სახურავი მდებარეობს 2000-3500 მ სიღრმეზე. ქვემო რიონის არტეზიულ აუზთან დაკავშირებულ მესამე ზონაში წყალშემცველი ნალექების სახურავი იძირება 4000 მ სიღრმემდე და, შესაბამისად, ტემპერატურა იზრდება 120-140°C-მდე.

III.1. ამ ქვეთავში გახილულია შეფასების კრიტერიუმები და გამოყოფილია პერსპექტიული უბნები. ჩვენი რაიონის ფარგლებში საძიებო სამუშაოების პერსპექტიული უბნების შეფასებისა და გამოყოფის მიზნით, აუცილებელია მთელი რიგი კრიტერიუმების განხილვა.

აპტ-ნეოკომური ნალექები გარკვეულ უბნებში ინტენსიურად განვითარებული ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ნაპრალოვნებით ხასიათდება, რაც კომპლექსის ყველა ინტერვალს ერთიან ჰიდროდინამიკურ სისტემად აყალიბებს. თერმული წყლების მინერალიზაცია ასევე დიდ ფარგლებში მერყეობს. რაიონის უმეტეს ნაწილში, სადაც კვლევა-ძიება ჩატარდა, ამ მახასიათებლის სიდიდე 1-3 გ/ლ შეადგენს, მაგრამ

ცენტრალური კოლხეთის და წყალტუბოს აუზების ზოგიერთ ჭაბურღილში 6.7-8.7 გ/ლ-მდე იზრდება. ქვემო რიონის არტეზიულ აუზში აღინიშნება წყლის მაქსიმალური მინერალიზაცია, რომელიც 12.3-45.8 გ/ლ-ის ფარგლებში მერყეობს.

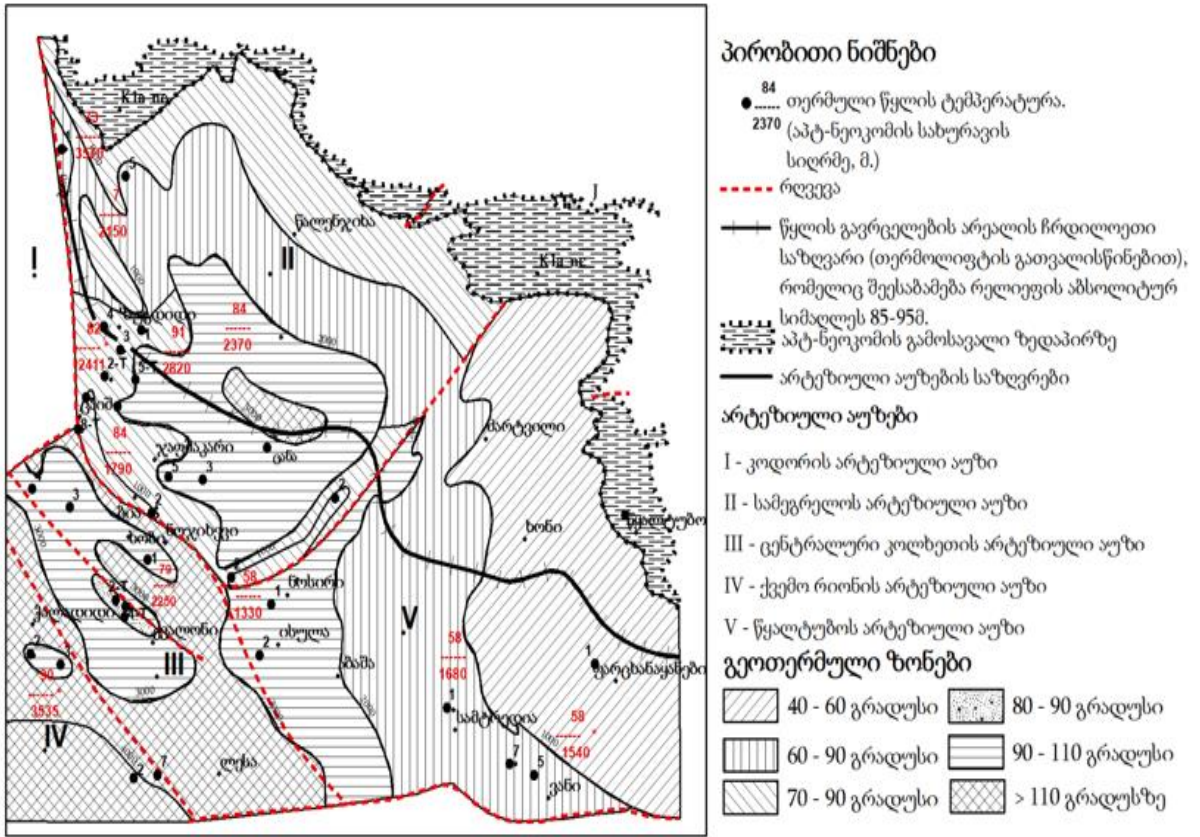
თერმული წყლის მნიშვნელოვან პარამეტრს მისი ტემპერატურა წარმოადგენს. როგორც ითქვა, ტემპერატურა ძირითადად დამოკიდებულია წყალშემცველი ქანების განლაგების სიღრმეზე.

გეოთერმული გრადიენტების საშუალო სიდიდეებისა და აპტ-ნეოკომური ნალექების საგების განლაგების სიღრმის მიხედვით, რაიონის სხვადასხვა ტერიტორიისთვის გამოთვლილი იქნა მიწისქვეშა წყლების ტემპერატურა თერმული წყლის შემცველი კომპლექსის საგებში. შემდეგ განზოგადებული და გასაშუალოებული მონაცემების მიხედვით ზოგიერთი უბნისთვის აიგო აპტ-ნეოკომური თერმული წყალშემცველი კომპლექსის ჰიდროგეოთერმული ზონურობის სქემა, სადაც თითოეული ჰიდროგეოთერმული ზონის ტემპერატურა ფაქტობრივად უნდა შეესაბამებოდეს ზედაპირზე ამოსული თერმული წყლების ტემპერატურას (ნახ. 4)

40-60°C ტემპერატურის თერმული წყლების ზონა უშუალოდ ესაზღვრება აპტ-ნეოკომური კომპლექსის კვების არეს. მას სამეგრელოს აუზის ჩრდილოეთი და წყალტუბოს აუზის ჩრდილო-აღმოსავლეთი ნაწილები უკავია. აქ პროდუქტიული ქანების სახურავი განლაგებულია 0-დან 1000 მ სიღრმემდე. ძირითადად ამ ზონას უკავშირდება უდაწნეო წყლები.

მისგან სამხრეთით და სამხრეთ-დასავლეთით განლაგებულია 60-90°C ტემპერატურის მქონე თერმული წყლების ზონა. იგი მდებარეობს სამეგრელოსა და წყალტუბოს არტეზიული აუზების ჩრდილოეთ და ცენტრალურ ნაწილებში: აქ აპტ-ნეოკომური კომპლექსის სახურავი მდებარეობს 1000-2000 მ სიღრმეზე.

70-დან 90°C-მდე ტემპერატურის თერმული წყლების ზონას უკავია სამეგრელოს არტეზიული აუზის სამხრეთი ფრთა. აქ წყალშემცველი ქანების სახურავი განლაგებულია 500-2000 მ სიღრმეზე. ამ ზონასთანაა დაკავშირებული 35-70 მ დაწნევის მქონე წყლები. აქ ზოგჯერ შეინიშნება ანომალურად დაბალი ტემპერატურის მქონე წყლები (მენჯის #2 ჭაბურღილი).



ნახ.4 აბტ-ნეოკომური თერმული წყალშემცველი კომპლექსის ჰიდროთერმული ზონურობის სქემა

ეს მოვლენა აიხსნება ტექტონიკური აშლილობების არსებობით ჭაბურღილის გეოლოგიურ ჭრილში, რის შედეგადაც წყალშემცველი ნალექების საგები 1330 მ სიღრმეზეა განლაგებული; შესაბამისად, წყლის ტემპერატურა ჭაბურღილის პირზე 58 °C შეადგენს.

რაიონში ფართოდაა გავრცელებული 90-110 °C ტემპერატურის მქონე თერმული წყლების ზონა. მას მიეკუთვნება სამეგრელოს აუზის ცენტრალური და წყალტუბოსა და ცენტრალური კოლხეთის აუზების დასავლეთი ნაწილები. აქ პროდუქტიული ნალექების სახურავი განლაგებულია 2000-3000 მ სიღრმეზე. თერმული წყლების დაწნევა 50-70 მ-ს შეადგენს.

უკანასკნელ, ქვემო რიონის აუზის ზონას უკავშირდება 110°C-ზე მეტი ტემპერატურის მქონე თერმული წყლები. ისინი გავრცელებულია სამეგრელოს დეპრესიის ცენტრულ,

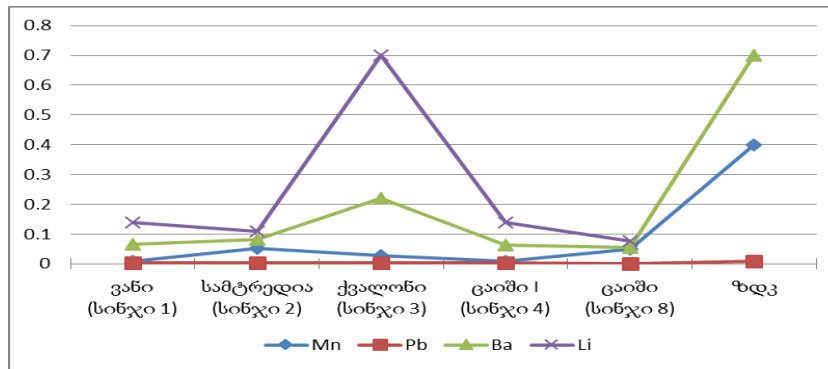
ცენტრალური-კოლხეთის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილებში და ქვემო რიონის აუზის უმეტეს ტერიტორიაზე. აპტ-ნეოკომური ნალექების სახურავი ამ ზონაში მდებარეობს 3000 მ-ზე ღრმად. აპტ-ნეოკომური ნალექების სახურავის განლაგების სიღრმის მატების შემთხვევაში, შესაბამისად გაიზრდება ჭაბურღილების სიღრმეც, რაც საძიებო სამუშაოების გაძვირებას გამოიწვევს. როგორც ჩანს, საძიებო სამუშაოების გაიაფების მიზნით, ერთნაირი პირობების შემთხვევაში, უპირატესობა უნდა მიენიჭოს წყალშემცველი ნალექების განლაგების ნაკლები სიღრმის მქონე უბნებს.

ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით, დღის წესრიგში დგას მინიმალური სიღრმეებიდან მაღალი ტემპერატურული თერმული წყლების მიღების ამოცანა, მაგრამ თუ არ არის ამის შესაძლებლობა, უნდა შემუშავდეს საძიებო სამუშაოების ისეთი მეთოდიკა, რომლიც უზრუნველყოფს მათ მაქსიმალურ ეფექტურობას და ექსპლუატაციის რენტაბელობას. არანაკლებ მნიშვნელოვანია გარემოს დაცვის საკითხების გადაჭრა წიაღის სითბური ენერჯის მიღების პროცესში, აგრეთვე საჭირო ღონისძიებების ჩატარება წყალშემკრების ფარგლებში წიაღიდან მაქსიმალური სითბოს მისაღებად.

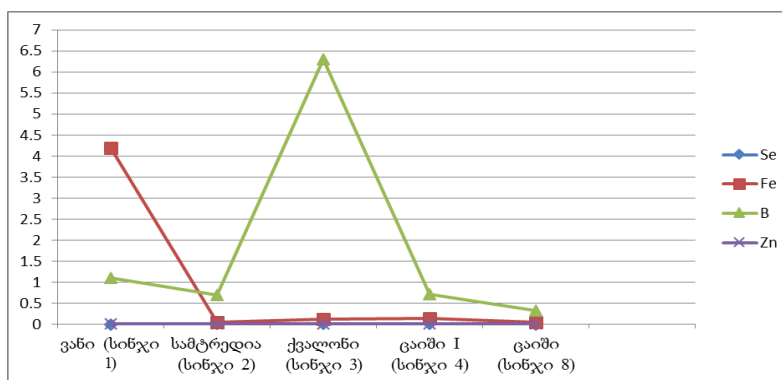
IV თავი ეძღვნება კოლხეთის არტეზიული აუზის ცენტრალური ნაწილის მიწისქვეშა წყლების ქიმიური შედგენილობის შესწავლას მათში მიკროკომპონენტების შემცველობის გარკვევის მიზნით.

ამ მიზნით ავიღეთ წყლის სინჯები დასავლეთ საქართველოს (მეტწილად, ზუგდიდი-ცაიშის) ჭაბურღილებიდან, წყაროებიდან. ნიმუშებს ჩაუტარდა ქიმიური ანალიზი. ადგილზე განისაზღვრა ტემპერატურა, წყალბადიონების კონცენტრაცია (pH), ელექტროგამტარობა (EC) და მარილიანობა (TDS) (მიქავა, 2023).

წყლის სინჯების ქიმიური ანალიზის და მიკროკომპონენტური შემადგენლობის კვლევის შედეგები ასახულია ნაშრომში ცხრილების სახით. მათი გრაფიკული გამოსახულებები 5-ე და 6-ე ნახაზებზე. გრაფიკების მიხედვით ჩანს, რომ სინჯებში არც ერთი ელემენტის შემცველობა არ არის ზღვ-ზე მეტი, პირიქით, სიდიდეები მნიშვნელოვნად ჩამოუვარდება მას.



ნახ. 5. წყლის სინჯებში განსაზღვრული მაგნიუმის, ტყვიის, ბარიუმის და ლითიუმის შემცველობების გრაფიკული გამოსახულება.



ნახ.6. სინჯებში განსაზღვრული სელენის, რკინის, ბორის და თუთიის შემცველობების გრაფიკული გამოსახულება.

შესწავლილ სინჯებს შორის საერთო მინერალიზაციის გაზრდილი მაჩვენებლებით გამოირჩევა ქვალონის ტერიტორიაზე არსებული თერმული ჭაბურღილი. საერთო მინერალიზაციის გაზრდის შესაბამისად, ქიმიური ელემენტებიც მომატებული შემცველობით ხასიათდება. შესწავლილი მიკროკომპონენტების პროცენტული განაწილების მწკრივი კლებადობის რიგით ასეთია: $B > Li > Al > Ba > Fe > Mn > Se > Zn > W$.

პირველი ხუთი ელემენტის პროცენტების ჯამი 98,93 %-ს შეადგენს, მაშინ როდესაც დანარჩენი ელემენტების ჯამური შემცველობა 1%-იც არ არის.

ზოგადად მიჩნეულია, რომ მიწისქვეშა წყალი, რომელშიც ამა თუ იმ ელემენტის კლარკი ერთზე მეტია ($K_x > 1$), ამ ელემენტის პოტენციური საბადოა, რა თქმა უნდა, სხვა მრავალი ანთროპოგენური და ბუნებრივი ფაქტორების გათვალისწინებით. იშვიათ

ქიმიურ ელემენტებზე მზარდი მოთხოვნების და ტექნიკური პროგრესის გათვალისწინებით უნდა ვივარაუდოთ, რომ საქართველოში სამრეწველო წყლების საბადოების ექსპლუატაცია მათი შემდგომი გადამუშავებით შორეული მომავლის საქმე არ არის. ამასთან დაკავშირებით დადგება საკითხი პროდუქტიული წყალშემცველი ჰორიზონტების გადარიბების თავიდან აცილების შესახებ.

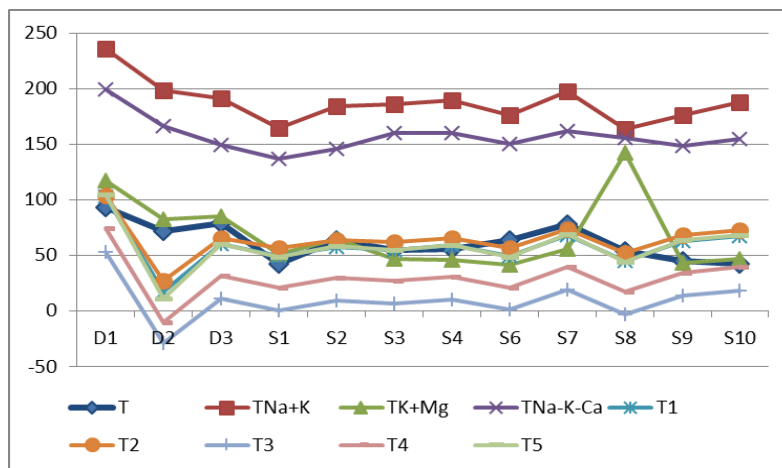
V თავში ვრცლადაა დახასიათებული ღრმად განლაგებული წყლების გეოთერმული პირობები კოლხეთის არტეზიულ აუზში: წყლის ქიმიური შედგენილობა და გეოთერმომეტრია. ყველაზე მნიშვნელოვან საკითხებს შორის უმთავრესია ნებისმიერი გეოთერმული სისტემის წყალშემცველი ჰორიზონტის ტემპერატურის და თერმული მიწისქვეშა წყლების ცირკულაციის პროცესების დახასიათება. ჰიდროთერმულ სისტემაში ღრმა ცირკულიაციის წყალი უზრუნველყოფს სითბოს და ანაწილებს თერმული მიწისქვეშა წყლების ტემპერატურულ ცვლილებებს წყალშემკრებ აუზებში. წყლის ქიმიაზე დაფუძნებული გეოთერმომეტრები გამოყენებულ იქნა მიწისქვეშა წყლების ტემპერატურის შესაფასებლად სხვადასხვა წყალშემკრებ აუზსა და კომპლექსში. თუმცა, ჰიდროქიმიური გეოთერმომეტრებით გამოთვლილი საშუალო ტემპერატურა ხშირად ცვალებადია და ძნელია შესაბამისი საშუალო თერმული ღრმა ცირკულიაციის წყლის ტემპერატურის განსაზღვრა, რადგან ტემპერატურა და წნევა ცვალებადობს თერმული წყლის ზემოთ მოძრაობის დროს. სხვადასხვა გეოთერმომეტრი სხვადასხვა ტემპერატურის დიაპაზონის შესაფერისია. ზოგიერთი ჰიდროქიმიური გეოთერმომეტრი შესაფერისია მაღალი, ზოგი კი საშუალო და დაბალი ტემპერატურის გეოთერმული სისტემებისთვის. ამ გეოთერმული თერმომეტრების საფუძველზე ხშირად ძნელია ისეთი ტემპერატურის მინიჭება, რომელიც ახლოსაა გეოთერმული სისტემის რეალურ ტემპერატურასთან, რადგან გასათვალისწინებელია ატმოსფერული ნალექების გავლენა, რაც იწვევს ქიმიური კომპონენტების კონცენტრაციის შემცირებას და განზავებას არაღრმა მიწისქვეშა წყლებთან შერევის გამო (მარდაშოვა ., 2020).

გეოთერმული და მიწისქვეშა წყლების გაზომილი ტემპერატურა შესაბამისად მერყეობს 25,2-დან 92,7 °C-მდე.

ემპირიული ფორმულებით ნაანგარიშევი გეოთერმომეტრები

ნიმუშები	T	T_{Na+K}	T_{K+Mg}	$T_{Na+K+Ca}$ (1) $\beta = 4/3$	$T_{Na+K+Ca}$ (1) $\beta = 1/3$	$T_{Na+K+Ca}$ (2) $\beta = 4/3$	$T_{Na+K+Ca}$ (2) $\beta = 1/3$	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
D1	92.7	236.0	117.1	-9.493	492.1	315.5	198.9	103.3	103.8	52.9	74.7	104.3
D2	72.0	198.6	82.1	1.5272	348.2	150.1	166.2	17.0	27.0	-29.3	-10.3	10.9
D3	79.2	191.4	85.3	151.6	1.19	349.5	149.2	59.8	65.7	10.8	31.3	60.1
S1	42.0	164.9	50.9	612.7	255.3	67.4	136.5	49.1	56.2	0.7	20.9	48.7
S2	63.7	184.5	64.7	622.9	271.8	68.9	145.9	57.7	63.9	8.9	29.4	57.9
S3	54.5	185.7	46.3	959.0	296.7	108.7	160.3	55.0	61.4	6.2	26.6	55.0
S4	55.4	189.0	45.5	939.3	298.3	106.8	160.4	59.0	65.0	10.0	30.6	59.2
S6	63.2	176.4	41.7	797.1	279.1	91.6	150.2	49.3	56.3	0.8	21.0	48.8
S7	77.5	197.8	55.7	840.6	299.2	96.5	161.4	68.4	73.4	19.1	39.9	69.1
S8	53.5	163.7	142.1	872.0	289.4	99.9	155.3	44.9	52.4	-3.2	16.8	44.0
S9	45.0	175.7	43.5	738.1	274.3	84.5	148.0	62.8	68.4	13.7	34.4	63.3
S10	42.2	187.5	46.3	788.6	287.5	90.6	154.2	67.6	72.6	18.3	39.1	68.3

ემპირიული ფორმულებით გამოთვლილი გეოთერმული ტემპერატურის ცვლილებები ასახულია 7-ე ნახაზზე

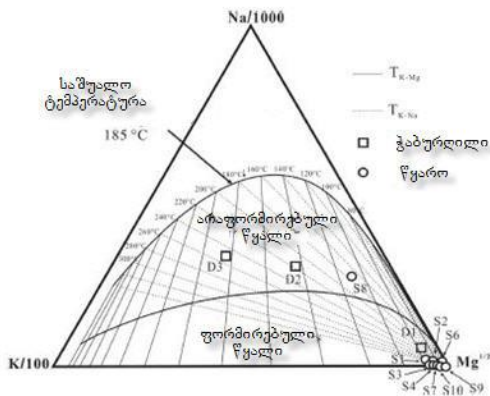


ნახ.7. ემპირიული ფორმულის მიხედვით ნაანგარიშევი გეოთერმომეტრები

ი. გენზახის მიერ შემოთავაზებული (Giggenbach, 2015) Na-K-Mg სამკუთხა დიაგრამა განასხვავებს არაფორმირებულ(1), ნაწილობრივ ფორმირებულ(2) და სრულად ფორმირებული(3) წყლის ტიპებს (ნახ. 8). Na-K-Mg სამკუთხა დიაგრამის მიხედვით შეიძლება შეფასდეს სრულად და ნაწილობრივ დაბალანსებული წყლების გაცვლის ტემპერატურა. თერმული მიწისქვეშა წყლების სინჯის აღების წერტილების უმეტესობა კონცენტრირებულია Mg-ის ბოლო წევრის მახლობლად და არის დაუბალანსებელი წყლის არეში (ნახ. 8), რაც მიუთითებს ზედაპირულ მიწისქვეშა წყლებთან შესაძლო შერევაზე.

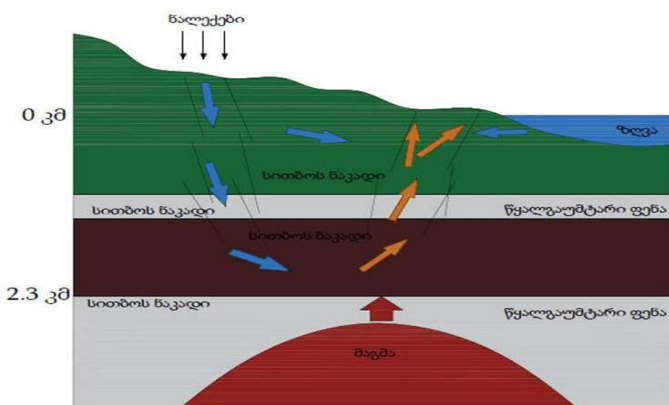
შეიძლება დავასკვნათ, რომ ღრმა ცირკულიაციის წყალი ჭაბურღილებში ერევა

ზედაპირთან ახლოს არსებულ წყლებს, რაც იწვევს ქიმიურ განზავებას და უწონასწორობას თერმულ მიწისქვეშა წყლებში. შესაბამისად Na-K-Ca-ით ტემპერატურის შეფასებები, სავარაუდოდ, წარმოადგენს გეოთერმული რეზერვუარის გაცვლის ტემპერატურას.



ნახ. 8. Na-K-Mg სამკუთხა დიაგრამა თერმული წყლების მაგალითზე

თუ თერმული მიწისქვეშა წყლები ძირითადად მეტეორული წარმოშობისაა, ცირკულიაციის სიღრმე შეიძლება დაახლოებით შეფასდეს გეოთერმული რეზერვუარის



ნახ. 9. ჰიდროთერმული სისტემის კონცეპტუალური მოდელი

წყლის ქიმიური მახასიათებლების გამოყენება ტემპერატურის განსასაზღვრად ახალი მეთოდია, Na-K-Ca გეოთერმომეტრი აფასებს თერმული წყლის ტემპერატურას 136,5-დან 198,9 °C-მდე. საშუალოდ 157,2 °C-მდე. ადგილობრივი თერმული გრადიენტის გათვალისწინებით, შესწავლილი ტერიტორიის გეოთერმული რეზერვუარი, როგორც ჩანს, დაახლოებით 2,3 კმ სიღრმეზეა. ღრმა გეოთერმული რეზერვუარიდან აღმავალი თერმული მიწისქვეშა წყლები გაცივდა ჭაბურღილებში მოძრაობის დროს ჰორიზონტებში არსებულ მიწისქვეშა წყლებთან შერევით.

დასკვნა

- კოლხეთის დაბლობი თერმული მიწისქვეშა წყლების უზარმაზარი ბუნებრივი რეზერვუარია. სხვადასხვა წყალშემცველ ჰორიზონტში, განსაკუთრებით ქვედაცარცულ ნალექებში, ჭაბურღილებით გახსნილია თერმული წყლების საბადოები, რომელთა ტემპერატურა 60-დან 110°C -მდე აღწევს. ამ საოცარი ბუნებრივი არტეზიული აუზის თერმულ წყალშემცველ ჰორიზონტებში აკუმულირებული თბური ენერჯის ათვისება დიდ ეკონომიკურ ეფექტს მისცემს ქვეყანას არა მარტო ენერგეტიკული პრობლემების მოგვარების საქმეში, არამედ სამკურნალო-ბალნეოლოგიური და მიკროკომპონენტების ამოწვლილვის მიზნითაც;
- არტეზიული აუზის ფარგლებში წყალშემცველი ჰორიზონტები პერსპექტიულია სამრეწველო წყლების შემცველობის თვალსაზრისითაც (იოდი, ბრომი, ლითიუმი, ბორი და სხვ.), რამდენადაც აღნიშნული წყლები გამდიდრებულია ისეთი იშვიათი მიკროკომპონენტებით, რომელთა მოპოვება მიზანშეწონილია სამრეწველო თვალსაზრისით;
- თერმული წყლების 1000-6500 მ³/დღ.დამ დებიტებისას ჭაბურღილის ლულაში სითბოს დანაკარგი 1-2 °C-ია. ამიტომ თუ ცნობილია წყლის ტემპერატურა ჭაბურღილის პირზე, საორიენტაციოდ შესაძლებელია წყლის ტემპერატურის განსაზღვრა ფენში;
- თერმული წყლის სამრეწველო მოდინება მიღებულია ყველა შესასწავლი არტეზიული აუზის ფარგლებში. სამეგრელოს არტეზიულ აუზში გამოვლენილია და ექსპლუატაციაშია რეჩხის, საბერიოს, ზუგდიდი-ცაიშის, ხობის, მენჯინის და

ნაქალაქევის თერმული წყლის საბადოები. ცენტრალური-კოლხეთის აუზს უკავშირდება დასავლეთ-ცაიშის, ხობის და ქვალონის საბადოები. ქვემო რიონის აუზში თერმული წყლების დიდი დებიტი მიღებულია მხოლოდ ჭალადიდის N2-ე ჭაბურღილში (1000 მ³/დღ), მაგრამ მაღალი მინერალიზაციის (17,6 გ/ლ) გამო, მას პრაქტიკული გამოყენება არ აქვს;

- ზოგიერთი ჰიდროქიმიური გეოთერმომეტრი შესაფერისია მაღალი ტემპერატურის გეოთერმული სისტემებისთვის, ზოგი კი საშუალო და დაბალი ტემპერატურის გეოთერმული სისტემებისთვის. ამ გეოთერმული თერმომეტრების საფუძველზე ხშირად ძნელია ისეთი ტემპერატურის განსაზღვრა, რომელიც ახლოსაა გეოთერმული სისტემის რეალურ ტემპერატურასთან, რადგან გასათვალისწინებელია ატმოსფერული ნალექის გავლენა, რაც იწვევს ქიმიური კომპონენტების კონცენტრაციის შემცირებას და განზავებას, არაღრმა მიწისქვეშა წყლებთან შერევის გამო;
- საკვლევ უბნებზე აპტ-ნეოკომური ნალექები ინტენსიურად განვითარებული ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ნაპრალოვნებით ხასიათდება, რაც კომპლექსის ყველა ინტერვალს ერთიან ჰიდროდინამიკურ სისტემადაც აყალიბებს.
- კოლხეთის არტეზიულ აუზში თერმული წყლების ტემპერატურა კანონზომიერად იზრდება აპტ-ნეოკომური კომპლექსის დაძირვის მიმართულებით(სამხრეთ-დასავლეთით); ამასთან გამოიყოფა ქვალონის და სენაკის ანომალური უბნები, რომლებიც თავის მხრივ ძირითადად ანტიკლინურ ზონებს უკავშირდებიან.
- წყლის ქიმიური ანალიზის მონაცემების საფუძველზე შემოთავაზებულია კონცეპტუალური მოდელი, რომელიც აღწერს ჰიდროთერმული სისტემის ფორმირებას დასავლეთ საქართველოს რეგიონში. დასავლეთ საქართველოს გეოთერმული წყლები ძირითადად მეტეორიული წარმოშობის უნდა იყოს, რომლებმაც ნაპრალების გავლით შეაღწიეს სიღრმეში და გეოთერმულ სისტემაში მოხვედრისას თბებიან გვერდითი ქანებით; გაცვლის ტემპერატურა დაახლოებით მერყეობს 154–162°C-ის ფარგლებში;
- ნეოკომურ-აპტური კომპლექსი მიწისქვეშა თერმული წყლებით შევსილი უნდა იყოს 2,3 კმ სიღრმეზე, რაც ნაანგარიშეა ადგილობრივი გეოთერმული

გრადიენტის და მრავალკომპონენტური გეოთერმომეტრიის ტემპერატურის გათვალისწინებით;

- მაღალი ტემპერატურის თერმული მიწისქვეშა წყლების ფილტრაცია ძირითადად მიმდინარეობს ღრმად განლაგებული რღვევის ზონებში. აქედან არაღრმა ზონებისკენ მოძრაობისას ისინი ერევიან სხვადასხვა მიწისქვეშა წყალს სხვადასხვა დონეზე;

აპრობაცია

დისერტაციის ძირითადი საკითხების განხილვა ხდებოდა სტუ-ის გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტის სემინარებზე კოლოქვიუმების სახით. აგრეთვე, ადგილობრივ და საერთაშორისო კონფერენციებზე.

პუბლიკაციები

1. მ. მარდაშოვა; გ. ტლაშაძე; თ. მიქავა. თერმული წყლების თბოენერგეტიკაში გამოყენების პერსპექტივები. ყოველკვარტალური რეფერირებადი და რეცენზირებადი საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი "ბიზნეს ინჟინერინგი", N3-4, 2020. www.business-engineering.bpengi.com;
2. მ. მარდაშოვა; თ. მიქავა. მდ. ალაზნის მარცხენა სანაპიროს გოგირდწყალბადიანი მინერალური წყლების ზოგადი დახასიათება. სტუ-ს შრომები #2(520), თბილისი, 2021, გვ. 127-142; [http://shromebi.gtu.ge/storage/archit/142/2\(520\).pdf](http://shromebi.gtu.ge/storage/archit/142/2(520).pdf)
3. მ. მარდაშოვა; თ. ძაძამია; თ. მიქავა. მდ. ალაზნის მარცხენა სანაპიროს გოგირდწყალბადიანი მინერალური წყლების წარმოშობის გეოქიმიური პირობები. სტუ-ს შრომები #2(520), თბილისი, 2021, გვ. 142-163. [http://shromebi.gtu.ge/storage/archit/142/2\(520\).pdf](http://shromebi.gtu.ge/storage/archit/142/2(520).pdf)
4. მ. მარდაშოვა, თ. რაზმაძე-ბროკიშვილი, თ. მიქავა. კლიმატის მიმდინარე ცვლილების გავლენა ჰიდროგეოლოგიურ და საინჟინრო-გეოლოგიურ პროცესებზე დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტის მაგალითზე. სტუ-ს შრომები #3(525), თბილისი, 2022, გვ. 84-105; <http://shromebi.gtu.ge/storage/archit/147/shroma-3525.pdf>
5. თ.მიქავა. ღრმად განლაგებული სითხის გეოთერმული პირობები კოლხეთის არტეზიულ აუზში: წყლის ქიმიური შედგენილობა და გეოთერმომეტრია. სტუ-ის შრომები # N1 (527), თბილისი, 2023, გვ. 50-64; <http://shromebi.gtu.ge/storage/archit/149/1527.pdf>;
6. თ.მიქავა. დასავლეთ საქართველოს მიწისქვეშა წყლების ქიმიური შედგენილობის შესწავლა მიკროკომპონენტების ამოწვლილვის მიზნით. სტუ-ის შრომები # N1 (527), თბილისი, 2023, გვ. 64-75. <http://shromebi.gtu.ge/storage/archit/149/1527.pdf>

7. მ. მარდაშოვა, თ. მიქავა. თერმული წყლების თბოენერგეტიკაში გამოყენების პერსპექტივები. მერვე საერთაშორისო ეკონომიკური კონფერენციის - IEC 2020 „ეროვნული ეკონომიკის განვითარების მოდელები: გუმინ, დღეს, ხვალ.“ 22 ოქტომბერი 2020, თბილისი.
8. თ.მიქავა. ზუგდიდი-ცაიში-ხოზის თერმული წყლების ჰიდროქიმიური დახასიათება. მე-7 საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია „გეოლოგიის უახლესი პრობლემების შესახებ“; თბილისი, 28-29 ოქტომბერი, 2021, გვ.72-73;
9. M. Mardashova, T.Mikava. The prospects to use thermal waters in heat-and-power engineering. International Symposium on Geofluids, Geoenergy, thermal water and hydrocarbon systems, Hungary, Budapest, 7-9 July 2021;
10. M. Mardashova, T. Razmadze-Brokishvili. T.mikava. Study of hydrogeochemical parameters of oil water samples for their industrial use. 49th IAH Congress Groundwater Sustainability & Poverty Reduction, WUHAN, CHINA, 19-22 September 2022
11. M. Mardashova, T. Razmadze-Brokishvili. T.mikava. Manifestation of hydrochemical inversion in Kolkheti Lowland (Western Georgia). INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE. HEYDAR ALIYEV AND AZERBAIJAN OIL STRATEGY: Advances in Oil and Gas Geology and Geotechnologies. *dedicated to the 100th anniversary of the national leader of the Azerbaijani people Heydar Aliyev 23 - 26 May 2023.*

სადოქტორო ნაშრომის გარკვეული ნაწილი დამუშავდა გერმანიის კარსლუეს ტექნოლოგიურ ინსტიტუტში პროფესორ ბირგიტ მიულერის კონსულტაციით, ხოლო ქიმიური ანალიზების ნაწილი შესრულდა ავსტრიის საერთაშორისო ატომური ენერჯის ლაბორატორიაში.

Abstract

Study of the hydrochemical characteristics of the thermal waters of the central part of the artesian basin of Kolkheti in order to evaluate the thermal energy potential

The Kolkheti Plain is one of the most populated and important regions of Georgia, the favorable geographical conditions of which lead to the existence of the richest and most diverse natural resources. Today, the scientific study of the natural resources of the Kolkheti plain and the utilization of these resources is one of the important tasks of our country's economy.

Mesozoic sediments are mainly involved in the construction of Kolkheti artesian basin, the surface of which is flattened towards the Black Sea, so that the depth of its placement in the coastal zone under the sedimentary cover reaches 8-9 km. The sedimentary complexes developed in the cover of the artesian basin are represented by the alternation of well-permeable and impermeable sediments, which leads to the presence of a number of sharply expressed artesian horizons. The complex structural-geological structure of the sedimentary cover of the basin, within which individual tectonic elements change dramatically in geological time, leads to the formation of two hydrogeological floors, which are characterized by different features of drainage and water circulation.

The water-bearing horizons of the district are discussed in the thesis. Three horizons are mainly spread in Kolkheti artesian basin: Neogene-Quaternary, Paleogene-Upper Cretaceous and Lower Cretaceous (Neocom). In these horizons there are stratified and karst type waters. Shallow, infiltrating waters predominate among them, and in deeply sunken, closed structures, mainly waters of increased mineralization are common. In the artesian basin, the vertical zonation of groundwater gas, chemical composition and temperature is clearly expressed. Cold, fresh waters with gases of atmospheric origin are developed in shallow circulation horizons. As the depth of aquifers increases, the overall mineralization and temperature increase.

The area and scale of effective use of geothermal energy in one or another region depends on its energy potential, explored reserves and debit, as well as chemical composition, mineralization, well temperature regimes, as well as the specifics of the region's energy and national economy. Considering the above-mentioned factors at the initial stage of the rational use of geothermal water allows the feasibility of the geothermal heat and cold supply system to be identified. In addition, specific systems for the use of geothermal energy with heat and cold supply for industrial, agricultural, communal and other facilities should be developed based on the specifics of the users of this energy.

On the basis of new data of deep drilling and geophysical studies conducted in the region, the peculiarities of the hydrogeophysical zonation of the artesian basin of Kolkheti have been studied and determined; The hydrogeophysical zonation of the earth's hydrosphere is described, which is markedly different in different regions depending on the deep geological structure and geophysical conditions.

There is diverse and exhaustive information on the issue of the genesis of thermal waters. Therefore, innovation should only concern the use of these waters. Namely, there will be a prospect of rational use of the earth's thermal energy (in the form of underground thermal

waters) in such important branches of the country's economy as: heating, agriculture, medical services, extraction of valuable components from thermal waters, etc.

The possibility of using microcomponents is considered as search geochemical criteria. It is generally believed that underground water, in which the concentration of this or that element is greater than Clark, is a potential deposit of this element. Taking into account the growing demand for rare chemical elements and technical progress, we should assume that the exploitation of industrial water deposits in Georgia with their further processing is not a matter of the distant future.

Among the most important issues to be characterized is the temperature of the aquifer in any geothermal system and the circulation processes of thermal groundwater. Geothermometers based on water chemistry have been used to estimate groundwater temperatures in various watersheds and complexes. However, the average temperature measured by hydrochemical geothermometers is often variable, and it becomes difficult to determine the corresponding thermal deep circulation water temperature because the temperature and pressure change as the thermal water moves upward. Different geothermometers are suitable for different temperature ranges. Some hydrochemical geothermal thermometers are suitable for high temperature geothermal systems, while others are suitable for medium and low temperature geothermal systems.

It is new to use the chemical characteristics of water to investigate the formation of the hydrothermal system of Georgia and to determine the water temperature. Thermal deep-circulation water mainly escapes through fissures in granite and carbonate rocks. The temperature of the reservoir is estimated by the values obtained by geothermometers - from 136.5 to 198.9 °C and on average up to 157.2 °C. Considering the local thermal gradient, the geothermal reservoir of the study area appears to be about 2.3 km deep, which is in good agreement with the proposed aquifer formations. Thermal groundwater rising from a deep geothermal reservoir is cooled by mixing with shallow groundwater. Prospective areas of high temperature and flow thermal water have been identified by means of geothermometers.